

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11031866  
PUBLICATION DATE : 02-02-99

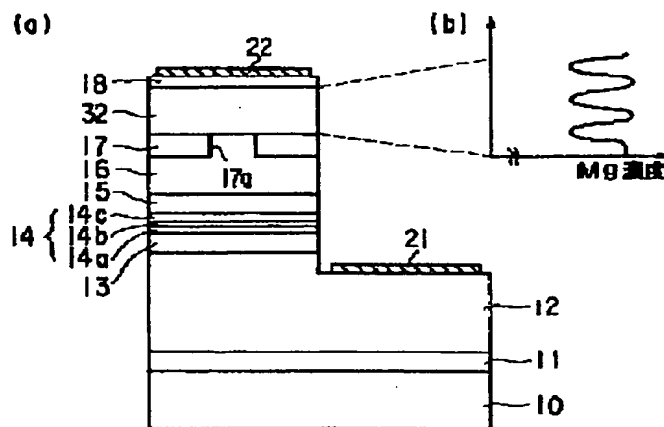
APPLICATION DATE : 14-07-97  
APPLICATION NUMBER : 09188523

APPLICANT : TOSHIBA CORP;

INVENTOR : ISHIKAWA MASAYUKI;

INT.CL. : H01S 3/18 H01L 33/00

TITLE : SEMICONDUCTOR DEVICE OF GALLIUM NITRIDE COMPOUND



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To increase effectual p-type carriers by connecting n-side and p-side electrodes to a laminated film comprising material expressed by a specified composition formula, forming a heat-generating structure within the laminated film such that low-resistance region and high-resistance region are adjacent to each other, and arranging the low-resistance region closer to the p-side electrode than the high-resistance region.

**SOLUTION:** Modulated doping is performed on a p-type layer, basically comprising a gallium nitride compound semiconductor of material expressed by a composition formula  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ). The layer subjected to the modulated doping is arranged as a p-modulated layer 32 between a p-side electrode 22 and pn-junction. In this case, the modulated layer 32 is set such that carriers injected from the p-side electrode 22 first pass through the low-resistance region containing impurities at a high concentration, then pass through the high-resistance region containing impurities at a low concentration. In this manner, as the carriers pass from the low-resistance region to the high-resistance region, heat-generation is made in the high-resistance region.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-31866

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月2日

(51) Int. CL<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-188523

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月14日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山本 雅裕

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 布上 真也

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 笹沼 克信

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

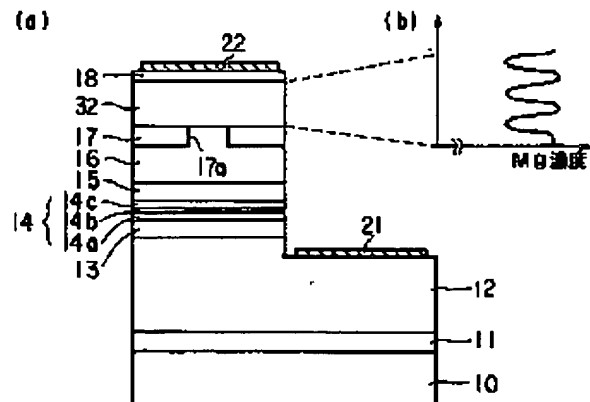
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 窒化ガリウム系化合物半導体レーザにおいて実効的なp型キャリアを増加させる。

【解決手段】 窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、サファイア基板10上に形成されたダブルヘテロ接合構造13、14、15を有する。ダブルヘテロ接合構造の上には、Mgドーブ低抵抗Ga Nのp-低抵抗層16、高抵抗またはn型の電流ブロック層17、MgドーブGa Nのp-変調層32、及びMgドーブ低抵抗Ga Nのp-コンタクト層18が順に積層される。p-変調層32において、Mg濃度の高い複数の低抵抗領域とMg濃度の低い複数の高抵抗領域とが、上下方向に交互に積重われ、p型キャリアを増加させるための発熱構造が形成される。



(2)

特開平11-31866

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】pn接合を形成するように積層され、下記の組成式で表される材料から基本的になる複数の層を有する積層膜と、

$\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 、ここで $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x, y, z \leq 1$

前記pn接合に電流を供給するように前記積層膜に接続されたn側電極及びp側電極と、

相対的に低抵抗の低抵抗部分と相対的に高抵抗の高抵抗部分とが隣接するように、前記積層膜内に形成された発熱構造と、前記低抵抗部分は前記高抵抗部分よりも前記p側電極に近い側に配設されることと、を具備することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項2】前記低抵抗部分及び前記高抵抗部分は、不純物を異なるドーズ量で導入することにより1つの層内に形成された、キャリア濃度の異なる2つの領域からなることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項3】前記不純物はMg、Zn、P、Oからなる群から選択されることを特徴とする請求項2に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項4】前記不純物はSi、Sn、Se、Te、Ge、Sからなる群から選択されることを特徴とする請求項2に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項5】前記低抵抗部分及び前記高抵抗部分は、異なる電気伝導度を有し且つ積層された2つの層からなることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項6】前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりもGaの含有率が低いことを特徴とする請求項5に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項7】前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりもAlの含有率が高いことを特徴とする請求項5に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項8】前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりもInの含有率が高いことを特徴とする請求項5に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項9】前記積層膜は電流狭窄構造を形成するように配設された、開口部を有する電流ブロック層を具備し、前記発熱構造は前記開口部内に配設されることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項10】前記半導体装置は半導体レーザであるこ

## 【0002】

【従来の技術】近年、GaN、InGa<sub>0.5</sub>N、GaAlN、InGaAlN等の窒化ガリウム系化合物半導体が青色半導体レーザの材料として注目されている。これらの材料による半導体レーザでは、短波長化により小さなビームに絞ることが可能となり、光ディスク等高密度情報処理用の光源として期待されている。

【0003】窒化ガリウム系化合物半導体に対するp型不純物即ちドーパントとしては、一般的にMg（マグネシウム）が使用されている。この不純物はアクセプタ準位が深いために活性化率が小さく、ドーピング量の数分の一から数十分の一しか有効なp型キャリアとならない。キャリア密度を増加させるために不純物のドーズ量を過度に増やすとp型層の結晶としての品質が低下してしまう。また過度のドーズ量では逆にキャリア密度が下がるという報告も行われている。

【0004】このような理由から、この系の材料を用いた半導体装置においては、本質的に低抵抗p型層は得ることができない。また、p型層のキャリア（p型キャリア、即ちホール）がn型層のキャリア（n型キャリア、即ち電子）よりも著しく少ないため、活性層を越えてp型層までnキャリアが溢れ出るキャリアオーバーフローが生じやすい状況にある。このため、この系の材料を用いた場合、低しきい値及び低電圧で動作し且つ高い信頼性を有するような、光ディスク等への実用に適した半導体装置を実現することが難しい。また、短波長の双安定型や自励発振型の半導体装置等の、光演算に適した半導体装置も実現されていない。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述の問題を考慮してなされたもので、低しきい値及び低電圧で動作し且つ高い信頼性を有する、光ディスク等への実用に適した窒化ガリウム系化合物半導体装置を提供することを目的とする。本発明はまた、短波長の双安定型や自励発振型の窒化ガリウム系化合物半導体装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【問題を解決する手段】本発明の第1の視点は、窒化ガリウム系化合物半導体装置において、pn接合を形成するように積層され、下記の組成式で表される材料から基本的になる複数の層を有する積層膜と、

$\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 、ここで $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x, y, z \leq 1$

(3)

特開平11-31866

3

において、前記低抵抗部分及び前記高抵抗部分は、不純物を異なるドーピングで導入することにより1つの層内に形成された、キャリア濃度の異なる2つの領域からなることを特徴とする。

【0008】本発明の第3の視点は、第2の視点の装置において、前記不純物はMg、Zn、P、Oからなる群から選択されることを特徴とする。本発明の第4の視点は、第2の視点の装置において、前記不純物はSi、Sn、Se、Te、Ge、Sからなる群から選択されることを特徴とする。

【0009】本発明の第5の視点は、第1の視点の装置において、前記低抵抗部分及び前記高抵抗部分は、異なる電気伝導度を有し且つ積層された2つの層からなることを特徴とする。

【0010】本発明の第6の視点は、第5の視点の装置において、前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりもGaの含有率が低いことを特徴とする。本発明の第7の視点は、第5の視点の装置において、前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりもAlの含有率が高いことを特徴とする。

【0011】本発明の第8の視点は、第5の視点の装置において、前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりもInの含有率が高いことを特徴とする。本発明の第9の視点は、第1乃至第8のいずれかの視点の装置において、前記積層膜は電流狭窄構造を形成するように配設された、開口部を有する電流ブロック層を具備し、前記発熱構造は前記開口部内に配設されることを特徴とする。本発明の第10の視点は、第1乃至第9のいずれかの視点の装置において、前記半導体装置は半導体レーザであることを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】以下添付の図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の説明において、ほぼ同じ機能及び構成を有する部分には、同一符号を付し、重複説明については必要に応じて行なう。

【0013】図1及び図2は、本発明の異なる実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図である。これらの実施の形態は、 $In_xGa_{1-x}Al_y$ 、 $N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) の組成式で表される窒化ガリウム系化合物半導体から基本的になるp型層に変調ドーピングを施すことにより、実効的なp型キャリアを増加させるための発熱構造を形成したことを特徴とする。ここで、変調ドーピングとは、単一若しくは複数の不純物を異なるドーピングで導入することにより、1つの層内にキャリア濃度の濃淡、即ちキャリア濃度の異なる領域を形成するドーピングを意味する。

【0014】より具体的に、窒化ガリウム系化合物半

4

が、まず、高濃度に不純物を含む低抵抗領域を通り、その後、低濃度に不純物を含む高抵抗領域を通るように設定する。このように、キャリアが低抵抗領域から高抵抗領域を通るようにすることにより、高抵抗領域において発熱を生じさせることができる。本発明においては、この発熱を利用し、従来の窒化ガリウム系半導体レーザの問題、即ちp型キャリア濃度が低く、発振しきい値が高いという問題を解消している。

【0015】通常、発熱は素子の破壊につながる。しかし、本発明者らは、上記構成によるp-変調層の発熱は次のような効果を有することを見出した。即ち、この発熱によりp-変調層或いは隣接するp-層内に含まれるアクセプタ準位の深いMgが活性化され、実効的なp型キャリアが増加する。特に、低抵抗及び高抵抗領域の抵抗値及び厚さを最適化することにより、実効的なp型キャリアを生成することのみにこの発熱を利用することができる。このため、例えば、半導体レーザ装置の発振しきい値を低くすることができる。

【0016】図1図示の実施の形態の半導体レーザにおいて、単結晶基板、例えばサファイア基板10上に、アンドープGaNのバッファ層11、SiドープGaNのn-コンタクト層12が順に積層される。n-コンタクト層12上には、SiドープGaAlNのn-クラッド層13、活性層14、及びMgドープGaAlNのp-クラッド層15が順に積層され、ダブルヘテロ接合構造が形成される。活性層14は、アンドープGaNの光ガイド層14a、InGaN/InGaNの量子井戸層14b、及びp-GaNの光ガイド層14cの積層構造を有する。

【0017】p-クラッド層15の上には、Mgドープ低抵抗GaNのp-低抵抗層16、 $In_xGa_{1-x}Al_y$ 、 $N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) の組成式で表される高抵抗またはn型の電流ブロック層17、MgドープGaNのp-変調層32、及びMgドープ低抵抗GaNのp-コンタクト層18が順に積層される。また、p-コンタクト層18からn-コンタクト層12の途中までが部分的にエッチングされ、露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層18の表面にはp側電極22が配設される。

【0018】電流ブロック層17は3  $\mu m$ の幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。この構造のレーザのしきい値は、1 kA/cm<sup>2</sup>であり、従来の1/5以下となっている。

【0019】p-変調層32に対しては不純物Mgの変調ドーピングが施され、その内部の不純物Mg濃度は、図1(b)図示の分布(この場合はp型キャリア濃度の分布ともいえる)を有する。図示の如く、本発明の形態

(4)

特開平11-31866

5

上部及び最下部はMg濃度の高い低抵抗領域となっている。前述の如く、Mg濃度の低く、従ってp型キャリア濃度の低い高抵抗領域が発熱領域となる。

【0020】図2図示の実施の形態の半導体レーザは、サファイア基板10からp-クラッド層15まで、図1図示の実施の形態と同じ構造を有する。p-クラッド層15の上には、Mgドープ低抵抗GaNのp-低抵抗層16及びMgドープ低抵抗GaNのp-コンタクト層18が順に積層される。また、エッチングにより露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層18の表面にはp側電極22が配設される。

【0021】p-低抵抗層16の内部には中間層として高抵抗またはn型の電流ブロック層17が形成される。電流ブロック層17は3 $\mu$ mの幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。更に、p-低抵抗層16の内部には、電流ブロック層17の開口部17aに対応してp-変調層34が形成される。この構造のレーザのしきい値は、1kA/cm<sup>2</sup>であり、従来の1/5以下となっている。

【0022】p-変調層34は、p-低抵抗層16を形成する際にドーピングされた一定濃度のp型不純物Mgに加えて、変調ドーピングにより導入されたn型不純物Siを含有する。p-変調層34の内部のSi濃度は、図2(b)図示の分布を有する。図示の如く、本実施の形態においては、Si濃度の高い領域がp-変調層34の中央に一個所形成される。なお、n型不純物Siの濃度は最大でも、p-変調層34の導電性をp型に維持できる速度に低く設定される。n型不純物Siはp型不純物Mgのキャリアを相殺する役割を果たすため、Si濃度の高い領域は、p型キャリア濃度の低い高抵抗領域となり、その上下のSi濃度の低い領域は、p型キャリア濃度の高い低抵抗領域となる。前述の如く、p型キャリア濃度の低い高抵抗領域が発熱領域となる。

【0023】なお、図1及び図2図示の実施の形態においては、窒化ガリウム系化合物半導体層の形成方法としては、有機金属気相成長法や分子線成長法等の種々の方法を用いることができる。また、変調ドーピングの方法としては、成長時に変調する方法以外に、不純物拡散、イオン注入等、種々の方法を用いることができる。また、変調ドーピングは、縦方向でなく、横方向にキャリアの分布を形成するように行うこともできる。

【0024】図1及び図2図示の実施の形態によれば、窒化ガリウム系化合物半導体装置において、変調ドーピングにより発熱構造を形成することにより、従来得られなかった低いしきい値の装置を実現することができる。

【0025】図3乃至図5は、本発明の他の実施の形態の

6

組成式で表される窒化ガリウム系化合物半導体から基本的になる、相対的に高抵抗のp-高抵抗層と相対的に低抵抗の少なくとも2つのp-低抵抗層とを、p-高抵抗層が2つのp-低抵抗層間に挟まれるように配設することにより、実効的なp型キャリアを増加させるための発熱構造を形成したことを特徴とする。

【0026】より具体的には、窒化ガリウム系化合物半導体レーザにおいて、発熱構造は、p側電極とp-n接合との間に発熱積層構造として配設する。この場合、発熱積層構造は、p側電極から注入されたキャリアが、まず、p-低抵抗層を通り、その後、p-高抵抗層を通るように設定する。このように、キャリアが高抵抗層から低抵抗層を通るようにすることにより、高抵抗層において発熱を生じさせることができる。本発明においては、この発熱を利用し、p型キャリア濃度が低く、発振しきい値が高いという従来の窒化ガリウム系半導体レーザの問題を解消している。

【0027】通常、発熱は素子の破壊につながる。しかし、本発明者らは、上記構成による発熱積層構造の発熱は次のような効果を有することを見出した。即ち、この発熱によりp-高抵抗層或いは隣接するp-低抵抗層内に含まれるアクセプタ準位の深いMgが活性化され、実効的なp型キャリアが増加する。特に、低抵抗層及び高抵抗層の抵抗値及び厚さを最適化することにより、実効的なp型キャリアを生成することのみにこの発熱を利用することができる。このため、例えば、半導体レーザ装置の発振しきい値を低くすることができる。

【0028】更に、高抵抗層の組成を変化させ、熱伝導率の差が生じるようにすることにより、不純物の拡散等で発熱領域のコントロールを行なうことができる。また、一度、発熱で得られたキャリアにより発振した後、注入電流を減らすと、発熱が減るが、そのため高抵抗となり、発熱が再び起こる。そのためキャリアが発生するという過程を踏むため、キャリアは発振レベルで保たれるので、双安定状態を示す。

【0029】図3図示の実施の形態の半導体レーザにおいて、単結晶基板、例えばサファイア基板10上に、アンドープGaNのバッファ層11、SiドープGaNのn-コンタクト層12が順に積層される。n-コンタクト層12上には、SiドープGaNのn-クラッド層13、活性層14、及びMgドープGaNのp-クラッド層15が順に積層され、ダブルヘテロ接合構造が形成される。活性層14は、アンドープGaNの光ガイド層14a、InGaN/InGaNの量子井戸層14b、及びp-GaNの光ガイド層14cの積層構造を有する。

【0030】n-クラッド層15の上には、高抵抗層

(5)

特開平11-31866

7

aNのp-コンタクト層18が順に積層される。また、p-コンタクト層18からn-コンタクト層12の途中までが部分的にエッチングされ、露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層18の表面にはp側電極22が配設される。

【0031】電流ブロック層17は3 $\mu$ mの幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。また、p-高抵抗層42がp-低抵抗層16及びp-コンタクト層18で挟まれることにより、発熱積層構造が形成される。この構造のレーザのしきい値は、1kA/cm<sup>2</sup>であり、従来の1/5以下となっている。

【0032】図4図示の実施の形態の半導体レーザは、サファイア基板10からp-クラッド層15まで、図3図示の実施の形態と同じ構造を有する。p-クラッド層15の上には、高抵抗またはn型の電流ブロック層17、Mgドープ低抵抗GaNのp-低抵抗層16、Mgドープ高抵抗InGaNのp-高抵抗層44、及びMgドープ低抵抗GaNのp-コンタクト層18が順に積層される。また、エッチングにより露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層18の表面にはp側電極22が配設される。

【0033】電流ブロック層17は3 $\mu$ mの幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。また、p-高抵抗層44がp-低抵抗層16及びp-コンタクト層18で挟まれることにより、発熱積層構造が形成される。この構造のレーザのしきい値は、1kA/cm<sup>2</sup>であり、従来の1/5以下となっている。

【0034】図5図示の実施の形態の半導体レーザは、サファイア基板10からp-クラッド層15まで、図3図示の実施の形態と同じ構造を有する。p-クラッド層15の上には、MgドープGaNのp-層45、高抵抗またはn型の電流ブロック層17、Mgドープ低抵抗GaNのp-低抵抗層16、Mgドープ高抵抗GaAlNのp-高抵抗層46、及びMgドープ低抵抗InGaNのp-コンタクト層48が順に積層される。また、エッチングにより露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層48の表面にはp側電極22が配設される。

【0035】電流ブロック層17は3 $\mu$ mの幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。また、p-高抵抗層46がp-低抵抗層16及びp-コンタクト層48で挟まれることにより、発熱積層構造が形成される。この構造のレーザのしきい値は、1kA/cm<sup>2</sup>であり、従来の1/5以下となっている。

8

15の上には、高抵抗またはn型の電流ブロック層17を中間層として含むMgドープ低抵抗GaNのp-低抵抗層16、Mgドープ高抵抗In<sub>0.5</sub>GaNのp-高抵抗層52、Mgドープ低抵抗GaNのp-低抵抗層54、及びMgドープ低抵抗In<sub>0.5</sub>GaNのp-コンタクト層56が順に積層される。また、エッチングにより露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層56の表面にはp側電極22が配設される。

【0037】電流ブロック層17は3 $\mu$ mの幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。また、p-高抵抗層52がp-低抵抗層16及びp-低抵抗層54で挟まれることにより、発熱積層構造が形成される。この構造のレーザのしきい値は、1kA/cm<sup>2</sup>であり、従来の1/5以下となっている。

【0038】図7図示の実施の形態の半導体レーザは、サファイア基板10から活性層14まで、図3図示の実施の形態と同じ構造を有する。活性層14上には、Mgドープ低抵抗GaAl<sub>0.5</sub>Nのp-クラッド層62、Mgドープ高抵抗GaAl<sub>0.5</sub>Nのp-高抵抗層64、高抵抗またはn型の電流ブロック層17を中間層として含むMgドープ低抵抗GaNのp-低抵抗層16、及びMgドープ低抵抗GaNのp-コンタクト層18が順に積層される。また、エッチングにより露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層18の表面にはp側電極22が配設される。

【0039】p-高抵抗層64がp-クラッド層62及びp-低抵抗層16で挟まれることにより、発熱積層構造が形成される。また、電流ブロック層17は3 $\mu$ mの幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。この構造のレーザのしきい値は、1kA/cm<sup>2</sup>であり、従来の1/5以下となっている。

【0040】図8図示の実施の形態の半導体レーザは、サファイア基板10からp-クラッド層15まで、図3図示の実施の形態と同じ構造を有する。p-クラッド層15の上には、Mgドープ低抵抗GaNのp-低抵抗層16、MgドープGaNのp-層45、Mgドープ高抵抗GaAlNのp-高抵抗層46、高抵抗またはn型の電流ブロック層17を中間層として含むMgドープ低抵抗GaNのp-コンタクト層18が順に積層される。また、エッチングにより露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層18の表面にはp側電極22が配設される。

【0041】p-高抵抗層46がp-低抵抗層16及びp-層45とp-コンタクト層18とで挟まれることにより

9

レーザのしきい値は、 $1 \text{ kA/cm}^2$  であり、従来の  $1/5$  以下となっている。

【0042】図9図示の実施の形態の半導体レーザは、サファイア基板10からp-クラッド層15まで、図3図示の実施の形態と同じ構造を有する。p-クラッド層15の上には、Mgドープ低抵抗Ga Nのp-低抵抗層16、高抵抗またはn型の電流ブロック層17、MgドープGa A l Nのp-層51、Mgドープ高抵抗In a., Ga Nのp-高抵抗層52、及びMgドープ低抵抗In a., Ga Nのp-コンタクト層55が順に積層される。また、エッチングにより露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層18の表面にはp側電極22が配設される。

【0043】電流ブロック層17は $3 \mu\text{m}$ の幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。また、p-高抵抗層52がp-層51及びp-コンタクト層55で挟まれることにより、発熱積層構造が形成される。この構造のレーザのしきい値は、 $1 \text{ kA/cm}^2$  であり、従来の  $1/5$  以下となっている。

【0044】図3乃至図9図示の実施の形態によれば、窒化ガリウム系化合物半導体装置において、p-高抵抗層が2つのp-低抵抗層間に挟まれる発熱積層構造を形成することにより、従来得られなかった低しきい値の半導体装置を実現することができる。

【0045】図10は、本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザの素子構造を示す断面図である。この実施の形態は、半導体装置の電流狭窄構造の開口部（電流通路）を埋め込む、In a. Ga, A l, ..., N ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) の組成式で表される窒化ガリウム系化合物半導体から基本的になるp-埋め込み層内に、実効的なp型キャリアを増加させるための発熱構造を形成したことを特徴とする。即ち、この実施の形態においては、図1及び図2図示の実施の形態で説明した変調ドーピングによる発熱構造や、図3乃至図9図示の実施の形態で説明した発熱積層構造等による発熱構造を、半導体レーザの電流狭窄構造の開口部の埋め込み部内に形成するものである。

【0046】図10図示の実施の形態の半導体レーザにおいて、単結晶基板、例えばサファイア基板10上に、アンドープGa Nのパッファ層11、SiドープGa Nのn-コンタクト層12が順に積層される。n-コンタクト層12上には、SiドープGa A l Nのn-クラッド層13、活性層14、及びMgドープGa A l Nのp-クラッド層15が順に積層され、ダブルヘテロ接合構造が形成される。活性層14は、バンドギャップエネルギーが異なり、それぞれの厚さが10 nm以下の2種類のIn a. Ga A l N層の繰り返しで構成される超格子構造か

(6)

特開平11-31866

10

ブロック層17は $3 \mu\text{m}$ の幅のストライプ状の開口部17aを有し、これにより電流狭窄構造が形成される。開口部17aは、相対的に高抵抗のp-高抵抗層74が相対的に低抵抗の2つのp-低抵抗層72、76間に挟まれた発熱積層構造を有する。埋め込み層19により埋め込まれる。p-低抵抗層72、76はMgドープ低抵抗Ga Nからなり、p-高抵抗層74はMgドープ高抵抗Ga A l Nからなる。なお、前述の如く、発熱積層構造に代え、例えばMgの変調ドーピングにより埋め込み層19内に発熱構造を形成することもできる（図2参照）。

【0048】電流ブロック層17及び埋め込み層19上には、Mgドープ低抵抗Ga Nのp-低抵抗層16及びMgドープ低抵抗Ga Nのp-コンタクト層18が順に積層される。また、p-コンタクト層18からn-コンタクト層12の途中までが部分的にエッチングされ、露出したn-コンタクト層12の表面にはn側電極21が配設され、p-コンタクト層18の表面にはp側電極22が配設される。

【0049】電流狭窄構造を形成する電流ブロック層17の開口部17aは、エッチングを制御することによって任意のストライプ幅にすることができる。ストライプ幅を $3 \mu\text{m}$ 以下に狭めることにより、埋め込み部19の発熱構造で発生した熱の活性層14に対する影響を無視できる程度まで下げることができる一方、埋め込み部19に対しては効率よく熱を供給してキャリアを活性化させることができる。この結果、埋め込み部19は局所的に温度が上昇するが、埋め込み部19以外の他の領域では、p型キャリアが増加するためにキャリアオーバーフローが減少し、レーザ発振のためのしきい値が低減され、温度を逆に下げることができる。

【0050】図10図示の実施の形態において、発熱構造内の発熱層或いは発熱領域の組成としてはGa N, Ga A l n N, Ga A l Nの任意の組成を用いることができる。例えば、埋め込み層19を全てGa A l n N層とし、ドーパントを変えるかドーピング量を変えることにより電気伝導度を変えることも可能である。実際にレーザ動作を行った時にドーパントの拡散が問題になる可能性がある場合には、埋め込み層19内の一つの層、または全部をGa A l Nとすれば、例えドーパントが拡散してもGa A l N中のドーパントのアクセプタ準位はGa N, Ga A l n Nにおける同じドーパントのアクセプタ準位と比較して相対的に深いために、キャリア密度を変えることができ、電気伝導度が変化する。

【0051】また、図10図示の実施の形態においては、埋め込み層19内の高抵抗層74が、低抵抗層72、76に挟まれておらず、高抵抗層74を埋め込み層19



(7)

特開平 11-31866

11

ック層 17 の開口部 17a に埋め込み形成してもよい。更に、開口部 17a を全て p-GaN 層よりも高抵抗の単一の埋め込み層で埋め込む構成とすることも可能である。また、電流ブロック層 17 は、p-GaAIN クラッド層 15 の上ではなく、クラッド層 15 中に設けることもできるし、クラッド層 15 の代わりに設けることもできる。更に、n 層側に電流狭窄構造や発熱構造を形成することも可能である。

【0052】図 10 図示の実施の形態によれば、窒化ガリウム系化合物半導体装置において、電流狭窄構造の開口部を埋め込む p-埋込み層内に発熱構造を形成することにより、従来得られなかった低しきい値の半導体装置を実現することができる。

【0053】なお、図 1 乃至図 10 図示の実施の形態において、発熱構造内の発熱層或いは発熱領域を形成するため、Mg 以外にも Zn、P、O をドーピングして深い準位を形成するか、ノンドープとすることによりキャリアを減少させてもよい。更に少量の Si、Sn、Se、Te、Ge、S 等をドーピングすることにより n 型化した薄い領域や層を形成してもよい。

【0054】また、図 1 乃至図 10 図示の実施の形態においては、各層の組成を具体的に示しているが、これらは、 $In_xGa_yAl_zN$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) の組成式の範囲で種々変更することができる。また、これらの実施の形態においては、活性層をクラッド層で挟むダブルヘテロ構造の半導体レーザを例に挙げたが、本発明は、活性層を GaN または InGaN からなるガイド層で挟み、更にその外側をクラッド層で挟む SCH (Separate Confining Hetero-Structure) 構造の半導体レーザに適用することもできる。また、これらの実施の形態においては、電流狭窄構造の型式として、IS (Inner Stripe) 型の半導体レーザを例に挙げたが、本発明は、BH (Buried Hetero-structure) 型、BSR (Selectively Buried Ridge Wave guide) 型等の他の型式の半導体レーザに適用することもできる。更に、本発明は、半導体レーザに限らず、 $In_xGa_yAl_zN$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) の組成式で表される窒化ガリウム系化合物半導体層を用いた他の半導体装置や、同一基板上に集積化された複数の半導体装置に適用することができる。

【0055】

【発明の効果】本発明によれば、p 側電極と pn 接合と

12

の間に発熱構造を形成することにより、低しきい値及び低電圧で動作し且つ高い信頼性を有する、光ディスク等への実用に適した窒化ガリウム系化合物半導体装置を提供することができる。また更に、同構成により、短波長の双安定型や自励発振型の窒化ガリウム系化合物半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 2】本発明の別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 3】本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 4】本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 5】本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 6】本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 7】本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 8】本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 9】本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【図 10】本発明の更に別の実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体レーザを示す図。

【符号の説明】

10…サファイア基板

11…ノンドープ GaN バッファ層

12…n-GaN コンタクト層

13…n-GaAIN クラッド層

14…活性層

15…p-GaAIN クラッド層

16…p-GaN 低抵抗層

17…電流ブロック層

17a…開口部

18…p-GaN コンタクト層

21…n 側電極

22…p 側電極

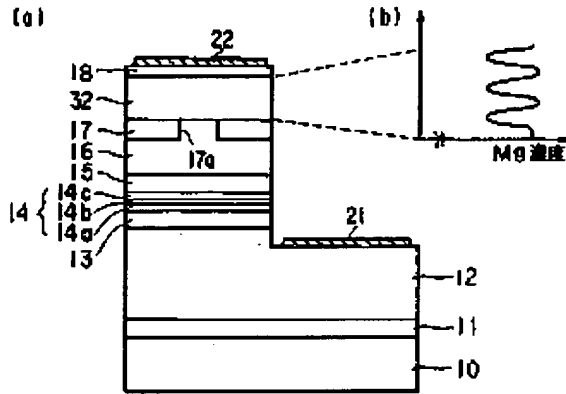
32、34…変調層

42、44、46、52、64、74…高抵抗層

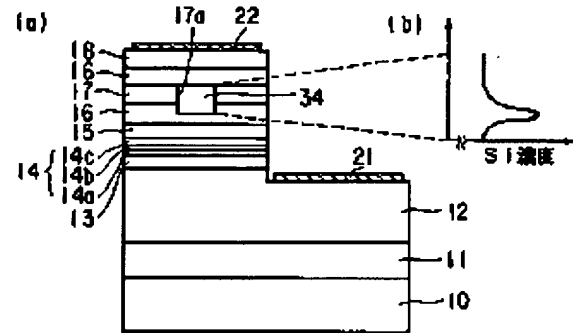
(8)

特開平 1 1 - 3 1 8 6 6

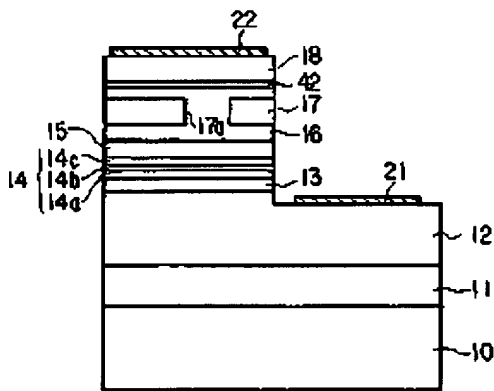
【図 1】



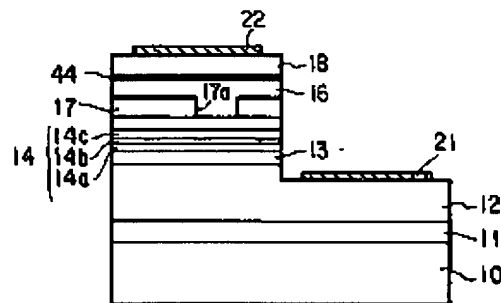
【図 2】



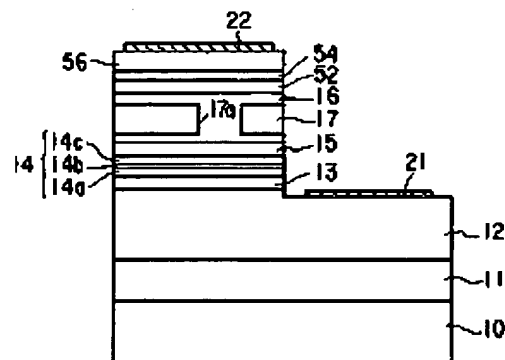
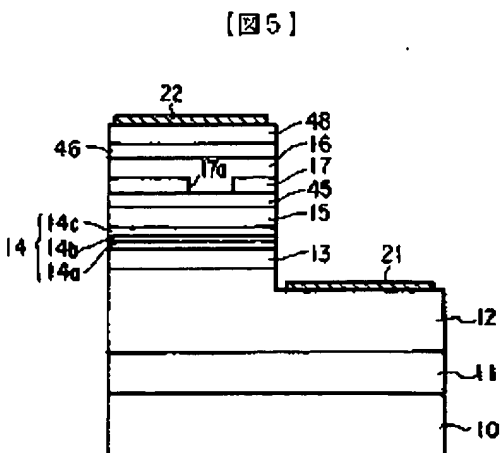
【図 3】



【図 4】



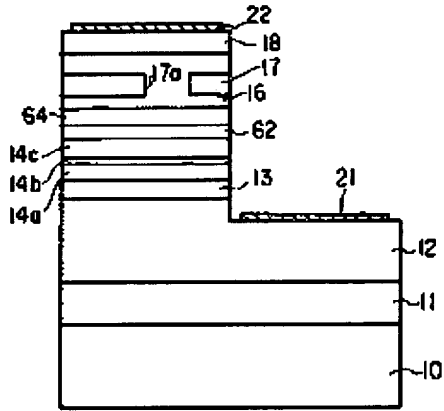
【図 6】



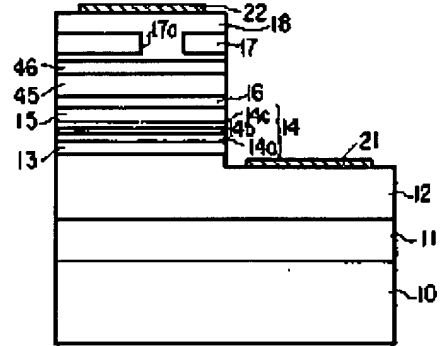
(9)

特開平 1 1 - 3 1 8 6 6

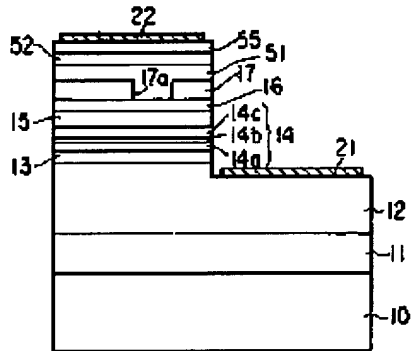
【図 7】



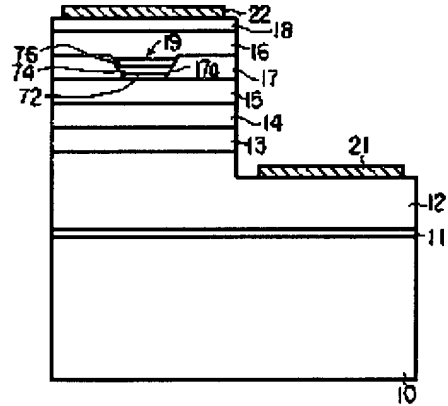
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 石川 正行  
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株  
 式会社東芝研究開発センター内

特開平 11-31866

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分  
 【発行日】平成 13 年 11 月 9 日 (2001. 11. 9)

【公開番号】特開平 11-31866  
 【公開日】平成 11 年 2 月 2 日 (1999. 2. 2)  
 【年通号数】公開特許公報 11-319  
 【出願番号】特願平 9-188523  
 【国際特許分類第 7 版】

H01S 5/30

H01L 33/00

【F I】

H01S 3/18

H01L 33/00 C

【手続補正言】

【提出日】平成 13 年 3 月 16 日 (2001. 3. 16)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】pn 接合を形成するように積層され、下記の組成式で表される材料から基本的になる複数の層を有する積層膜と、

$In_xGa_{1-x}Al_zN$ 、ここで  $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x$ 、 $y$ 、 $z \leq 1$

前記 pn 接合に電流を供給するように前記積層膜に接続された n 側電極及び p 側電極とを具備し、  
 相対的に低抵抗の低抵抗部分と相対的に高抵抗の高抵抗部分とが隣接するように、前記積層膜内に発熱構造が形成され、前記低抵抗部分は前記高抵抗部分よりも前記 p 側電極に近い側に配設されることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 2】前記低抵抗部分及び前記高抵抗部分は、不純物を異なるドーズ量で導入することにより 1 つの層内に形成された、キャリア濃度の異なる 2 つの領域からなることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 3】前記不純物は Mg、Zn、P、O からなる群から選択されることを特徴とする請求項 2 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 4】前記不純物は Si、Sn、Se、Te、Ge、S からなる群から選択されることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置

物半導体装置。

【請求項 6】前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりも Ga の含有率が低いことを特徴とする請求項 5 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 7】前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりも Al の含有率が高いことを特徴とする請求項 5 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 8】前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりも In の含有率が高いことを特徴とする請求項 5 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 9】前記積層膜は電流狭窄構造を形成するように配設された、開口部を有する電流ブロック層を具備し、前記発熱構造は前記開口部内に配設されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 10】前記半導体装置は半導体レーザーであることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 11】pn 接合を形成するように積層され、 $In_xGa_{1-x}Al_zN$  の組成式で表される材料からなる複数の層を有する積層膜と、

前記 pn 接合に電流を供給する n 側電極及び p 側電極と、

相対的に低抵抗の低抵抗部分と相対的に高抵抗の高抵抗部分とが隣接するように、前記積層膜内に形成された発熱構造とを具備し、

前記低抵抗部分及び前記高抵抗部分は、不純物を異なるドーズ量で導入することにより 1 つの層内に形成された、キャリア濃度の異なる 2 つの領域を含み、

前記低抵抗部分は前記高抵抗部分よりも前記 p 側電極に近い側に配設されることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

特開平11-31866

を有する積層膜と、

前記pn接合に電流を供給するn側電極及びp側電極と、

相対的に低抵抗の低抵抗部分と相対的に高抵抗の高抵抗部分とが隣接するように、前記積層膜内に形成された発熱構造とを具備し、

前記低抵抗部分及び前記高抵抗部分は、異なる電気伝導度を有し且つ積層された2つの層を含み、

前記低抵抗部分は前記高抵抗部分よりも前記p側電極に近い側に配設されることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項13】pn接合を形成するように積層され、InGaAlNの組成式で表される材料からなる複数の層を有する積層膜と、

前記pn接合に電流を供給するn側電極及びp側電極と、

相対的に低抵抗の低抵抗部分と相対的に高抵抗の高抵抗部分とが隣接するように、前記積層膜内に形成された発熱構造とを具備し、

前記低抵抗部分は前記高抵抗部分よりも前記p側電極に近い側に配設されることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の第一の視点は、窒化ガリウム系化合物半導体装置において、pn接合を形成するように積層され、下記の組成式で表される材料から基本的になる複数の層を有する積層膜と、

$\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 、ここで $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x$ 、 $y$ 、 $z \leq 1$

前記pn接合に電流を供給するように前記積層膜に接続されたn側電極及びp側電極とを具備し、

相対的に低抵抗の低抵抗部分と相対的に高抵抗の高抵抗部分とが隣接するように、前記積層膜内に発熱構造が形成され、前記低抵抗部分は前記高抵抗部分よりも前記p側電極に近い側に配設されることを特徴とする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】本発明の第8の視点は、第5の視点において、前記高抵抗部分は前記低抵抗部分よりもInの含有率が高いことを特徴とする。本発明の第9の視点は、第1乃至第8のいずれかの視点の装置において、前記積層膜は電流狭窄構造を形成するように配設された、開口部を有する電流ブロック層を具備し、前記発熱構造は前記開口部内に配設されることを特徴とする。本発明の第10の視点は、第1乃至第9のいずれかの視点の装置において、前記半導体装置は半導体レーザであることを特徴とする。本発明の他の視点は、窒化ガリウム系化合物半導体装置において、pn接合を形成するように積層され、InGaAlNの組成式で表される材料からなる複数の層を有する積層膜と、前記pn接合に電流を供給するn側電極及びp側電極と、相対的に低抵抗の低抵抗部分と相対的に高抵抗の高抵抗部分とが隣接するように、前記積層膜内に形成された発熱構造とを具備し、前記低抵抗部分及び前記高抵抗部分は、不純物を異なるドーパ量で導入することにより1つの層内に形成された、キャリア濃度の異なる2つの領域を含み、前記低抵抗部分は前記高抵抗部分よりも前記p側電極に近い側に配設されることを特徴とする。本発明のさらに他の視点は、窒化ガリウム系化合物半導体装置において、pn接合を形成するように積層され、InGaAlNの組成式で表される材料からなる複数の層を有する積層膜と、前記pn接合に電流を供給するn側電極及びp側電極と、相対的に低抵抗の低抵抗部分と相対的に高抵抗の高抵抗部分とが隣接するように、前記積層膜内に形成された発熱構造とを具備し、前記低抵抗部分は前記高抵抗部分よりも前記p側電極に近い側に配設されることを特徴とする。